妊娠后期母羊饲粮精料比例对羔羊生长性能、消化性能及血清抗氧化指标的影响

张　帆　崔　凯　毕研亮　刁其玉*

（中国农业科学院饲料研究所，农业部饲料生物技术重点实验室，北京　100081）

摘　要：本试验旨在研究妊娠后期母羊饲粮精料比例对羔羊生长性能、消化性能和血清抗氧化指标的影响。试验选用 66 只妊娠 90 d、平均体重为(44.45±2.20) kg 的初产湖羊，按照体重相近原则随机分为 3 组，每组 11 个重复，每个重复 2 只。各组母羊妊娠期饲粮精料比例分别为 50%、40%和 30%，分娩后母羊饲喂相同的全混合日粮（TMR）。羔羊 10 日龄，每只母羊取 1 只羔羊断母乳，饲喂代乳粉；15 日龄补饲开食料；20 日龄补饲苜蓿干草，自由采食至 60 日龄。每 10 d 测定 1 次羔羊体重，51~60 日龄进行羔羊消化代谢试验，20 和 60 日龄采集羔羊血液测定血清抗氧化指标。结果表明：妊娠后期母羊饲粮精料比例对羔羊 1、10、20、30、40、50、60 日龄体重，20、60 日龄体尺指标及营养物质表观消化率均无显著影响（$P>0.05$）。随母羊饲粮精料比例降低，20 日龄羔羊血清总抗氧化能力（T-AOC）、超氧化物歧化酶(SOD)活性极显著升高（$P<0.01$），60 日龄 50%组显著或极显著低于其他 2 组（$P<0.05$ 或 $P<0.01$）；30%组 20 和 60 日龄羔羊血清谷胱甘肽过氧化物酶（GSH-Px）活性极显著高于其他 2 组（$P<0.01$）；血清中 MDA 的含量在 20 日龄时随母羊饲粮精料比例的降低而极显著降低（$P<0.01$），60 日龄时 50%组显著高于 30%组（$P<0.05$）。结果提示，妊娠后期母羊饲粮的精料比例对产后早期断奶羔羊的体重、体尺、营养物质表观消化率无显著影响，但随母羊饲粮精料比例的降低，羔羊血清的抗氧化能力提高。

关键词：妊娠母羊；精料；早期断奶；羔羊；湖羊

中图分类号：S826

饲草为基础的饲喂体系可能导致动物出现营养或能量摄入不足的风险。在中小规模的肉羊养殖场或放牧的草场，低投入的肉羊饲养与高投入饲养相比最常见的差别是精料的饲喂水

收稿日期：2017-04-04

基金项目：国家肉羊产业技术体系建设专项资金（CARS-39）；南方地区幼龄草食畜禽饲养技术研究（201303143）；中国农业科学院饲料研究所基本科研业务费（1610382017009）

作者简介：张　帆（1990—），男，河南南阳人，硕士研究生，从事动物营养与饲料科学研究。E-mail: 1065598441@qq.com

*通信作者：刁其玉，研究员，博士生导师，E-mail: diaoqiyu@caas.cn

平，减少精料而更多饲喂农区或牧区的各种饲草是常用的降低成本的方法。但妊娠后期是胚胎在母体内发育的重要时期，此时期母体的营养可能影响产后羔羊的健康发育。羔羊早期断奶可促进消化系统发育，使用代乳粉有利于阻断母畜疾病传染，提高多产母羊羔羊的成活率，加快优良种羊的繁育速度[1]。湖羊养殖的工厂化、集约化生产客观要求羔羊的早期断奶以缩短母羊繁殖间隔[2]。因此研究妊娠后期母羊饲粮的精料比例对早期断奶羔羊的生长发育有重要的意义。

国内外在妊娠期母体的营养对后代发育的影响开展了大量的研究，通过不同方法调控饲粮营养水平揭示了母体营养的作用。Taylor等[3]、Campion等[4]分别研究了妊娠期母体能量水平对产后犊牛、羔羊发育的影响；He等[5]研究了饲粮的蛋白质和能量限制对产后羔羊发育的影响；高峰等[6]研究了妊娠后期母羊饲喂水平对产后羔羊的内脏器官影响；苏国旗等[7]采用不同饲喂量研究了妊娠期母猪的营养对后代的作用。以上研究均表明，母体营养对后代发育有重要作用。调节动物饲粮营养水平的方法除直接改变饲粮的能量、蛋白质水平或饲喂量外，也可通过调节饲粮精料饲喂量或饲喂水平。Horn等[8]采用调节母牛每天精料饲喂量研究营养对奶牛泌乳性能、繁殖性能和代谢反应的影响；Muhammad等[9]采用调节母牛饲粮精料比例的方法研究其对犊牛的采食、生长等指标的影响。通常情况下，精料的营养价值高于饲草，因此改变精料饲喂量影响动物的营养物质摄入量，可影响到动物的生产性能。

湖羊是我国优良的地方品种，具有产羔数多、性成熟早、生长速度快、宜舍饲、泌乳性能好等优良特点，是目前规模化舍饲养羊的重要品种[10]。因此实现妊娠后期湖羊母羊合理的营养水平调节对我国肉羊产业发展具有重要的意义。目前关于妊娠后期母羊的营养对后代生长发育的研究主要在能量、蛋白质、饲喂量及饲料添加剂上，关于通过调节饲粮精料比例对后代的影响报道较少。本研究结合妊娠后期母羊营养需要量增加的情况，探索调节妊娠后期母羊饲粮精料比例对羔羊生长性能、消化性能及血清抗氧化指标的影响，为生产中妊娠后期母羊饲养提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验时间和地点

本试验于2015年7月31日至2016年2月28日在山东省临清市润林牧业有限公司进行。

1.2 试验设计

选取66只妊娠90 d、平均体重为（44.45±2.20） kg的湖羊母羊作为试验用羊。妊娠90 d，母羊按体重一致的原则随机分为3组，每组11个重复，每个重复2只。各组饲粮精料比例分别为50%（50%组）、40%（40%组）和30%（30%组）（干物质基础），相应饲粮饲草比例分别为50%、60%和70%。精料和饲草分开饲喂，饲喂至母羊产羔。分娩后母羊饲喂相同的全混合日粮（TMR）。

在母羊妊娠140 d时，每组选取3只母羊用于屠宰试验（非本试验范围，仅用于说明试验动物数）。40%组1只母羊流产、30%组2只母羊流产或死羔。母羊共产活羔108只（50%组：20只公羔、18只母羔；40%组：19只公羔、17只母羔；30%组：15只公羔、19只母羔）。羔羊10日龄时每组选3只用于屠宰试验（非本试验范围，仅用于说明试验动物数），可用于后续试验的羔羊分别为：50%组7只公羔、9只母羔；40%组8只公羔、8只母羔；30%组6只公羔、10只母羔。各组平均初生重如下：50%组为3.34 kg，40%组为3.23 kg，30%组为3.14 kg。

羔羊随母哺乳至羔羊10日龄时，从每只母羊选1只羔羊进行早期断奶（按照每组母羊所产羔羊的初生体重、性别平均分配原则选取），饲喂代乳粉至60日龄。羔羊于15日龄时补饲开食料，20日龄时自由采食苜蓿，自由饮水。51~60日龄，每组随机选取4只采用全收粪法进行消化代谢试验，其中预试期5 d，正试期5 d。

1.3 试验饲粮

参考本课题组楼灿等[11]的妊娠后期母羊饲粮营养水平进行50%组饲粮的配制，分别配制精料和饲草，其中精料为玉米、豆粕、麦麸和预混料按照相应的比例配制成颗粒料。妊娠后期母羊精料组成及营养水平见表1。饲草为全株青贮玉米和花生秧按照干物质比例1:1于每天拌匀后饲喂；3个组的精料和饲草均相同，各组的饲粮组成及营养水平见表2。羔羊断奶后所需代乳粉由北京精准动物营养研究中心提供。代乳粉、开食料和苜蓿草的营养水平见表3。

表1 妊娠后期母羊精料组成及营养水平（干物质基础）

Table 1 Composition and nutrient levels of the concentrate for ewes in late gestation (DM basis) %

项目 Items	含量 Content
原料 Ingredients	
玉米 Corn	58.88
麦麸 Wheat bran	16.12
豆粕 Soybean meal	20.42
预混料 Premix[1)]	4.58
合计 Total	100.00

营养水平 Nutrient levels2)	
干物质 DM	88.73
有机物 OM	92.72
粗灰分 Ash	7.28
总能 GE/(MJ/kg)	18.85
代谢能 ME/(MJ/kg)	15.99
粗蛋白质 CP	20.03
粗脂肪 EE	2.74
中性洗涤纤维 NDF	28.39
酸性洗涤纤维 ADF	4.83

1) 每千克预混料含有 One kg of premix contained the following:Ca 10.3 g,P 6.1 g,VA 30 000 IU,VD 10 000 IU,VE 100 mg,Na 3.5 g,Cu 12.5 mg,Fe 90 mg,Mn 50 mg,Zn 80 mg,I 0.8 mg,Se 0.3 mg,Co 0.5 mg。

2) 代谢能为计算值[12]，其余为实测值。下表同。ME was a calculated value[12], while the others were measured values. The same as below.

表2 妊娠后期母羊饲粮组成及营养水平（干物质基础）

Table 2 Composition and nutrient levels of diets for ewes in late gestation (DM basis) %

项目 Items	50%组 50% group	40%组 40% group	30%组 30% group
原料 Ingredients			
精料 Concentrate	50	40	30
饲草 Forage	50	60	70
合计 Total	100	100	100
营养水平 Nutrient levels2)			
干物质 DM	62.58	57.35	52.12
有机物 OM	91.64	91.42	91.20
粗灰分 Ash	8.36	8.57	8.79
总能 GE/(MJ/kg)	17.60	17.35	17.10
代谢能 ME/(MJ/kg)2)	12.13	11.36	10.59
粗蛋白质 CP	14.72	13.65	12.59
粗脂肪 EE	3.08	3.15	3.21
中性洗涤纤维 NDF	44.51	47.73	50.96
酸性洗涤纤维 ADF	21.67	25.04	28.41

1.4 饲养管理

羊舍为双列式半开放羊舍，通风良好。所有试验用羊均打耳号，并按照羊场的正规程序进行免疫和消毒。妊娠90 d至产羔阶段母羊2只1栏定量饲喂，以采食量最低组（30%组）的每只平均干物质采食量（1.25 kg）作为其他各组的单只饲喂量（确保每只母羊有相同干物质采食量）。每天饲喂2次，分别于06:30和16:00饲喂饲草，饲草基本采食完毕后饲喂精料。母

羊分娩后自由采食相同的TMR，羔羊在1~10日龄时随母哺乳，11~60日龄时断母乳（柴建民等[13]的研究显示10日龄断奶最有利于羔羊生长发育），饲喂代乳粉。羔羊在11~50日龄和51~60 d期间，代乳粉饲喂量分别以体重2.0%和1.5%为标准[14]。每日饲喂3次（07:00、14:00和21:00），代乳粉饲喂方法：采用煮沸后冷却至50 ℃的热水，按代乳粉∶水=6∶1混匀，冷却至40 ℃左右后饲喂。羔羊于15日龄开始训练采食相同开食料。羔羊于20日龄开始饲喂苜蓿草，自由采食。自有饮水。代乳粉、开食料和苜蓿草的营养水平见表3。

表3 代乳粉、开食料和苜蓿草的营养水平（干物质基础）

Table 3 Nutrient levels of milk replacer, starter and alfalfa (DM basis) %

项目 Items	代乳粉 Milk replacer	开食料 Starter	苜蓿 Alfalfa
干物质 DM	95.39	91.46	89.51
总能 GE/（MJ/kg）	21.07	18.14	17.83
粗蛋白质 CP	25.55	22.85	15.82
粗脂肪 EE	13.97	2.34	2.28
粗灰分 Ash	6.96	7.17	10.89
钙 Ca	1.03	0.64	1.04
总磷 TP	0.65	0.60	0.29

实测值 Measured values。

1.5 样品采集

羔羊出生后每10 d于晨饲前空腹单个称重。在羔羊51~60日龄时进行消化代谢试验，每组选出4只公羔于代谢笼内进行全收粪法进行消化试验，5 d预试期，5 d正试期。正试期准确记录羔羊每日的代乳粉、开食料、苜蓿草的饲喂量和剩料量；准确记录羔羊每日的粪排出量，按照总粪样的10%分别采样后，每100 g鲜粪加入10%稀盐酸10 mL进行固氮，-20 ℃保存待测。

在羔羊20和60日龄时于晨饲前颈静脉采血，每组8只，公母各占1/2，所采血液经3 000 r/min离心10 min后，收集血清于1.5 mL离心管中，-20 ℃保存待测。

1.6 检测指标

生长性能：分别称量羔羊1、10、20、30、40、50和60日龄的体重。因试验过程羔羊死亡，在试验结束时3个组分别剩余羔羊13（50%组）、11（40%组）和13只（30%组）。分别在羔羊20和60日龄时，对羔羊进行体高、胸深、胸围、腹围、头宽、头长、直冠臀长、曲冠臀长和体斜长的测定。具体测定方法参照张崇志[15]的方法进行。

样品成分测定：对饲粮（母羊精料、饲粮，羔羊代乳粉、开食料、苜蓿粉）、粪样进行干物质、粗蛋白质、中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维、粗灰分、钙、磷、粗脂肪和总能（GE）的测定，参照《饲料分析及饲料质量检测技术》[16]的方法进行测定。所得结果用于营养物质表观消化率的计算。

血清抗氧化指标测定：血清样品使用L-3180半自动生化分析仪测定血清总抗氧化能力（T-AOC）、超氧化物歧化酶（SOD）和谷胱甘肽过氧化酶（GSH-PX）活性、丙二醛（MDA）含量，试剂盒购于南京建成生物工程研究所。

1.7 数据统计分析

用Excel 2013对数据进行初步整理后，使用SAS 9.4统计软件中ANOVA过程进行单因素方差分析，采用Duncan氏法进行多重比较，以$P<0.05$作为差异显著性判断标准。

2 结 果

2.1 生长性能

由表4可知，妊娠后期母羊饲粮精料比例对产后早期断奶羔羊的体重（1、10、20、30、40、50、60日龄）影响不显著（$P>0.05$）。虽然各组羔羊体重差异不显著（$P>0.05$），但50%组羔羊在1、10、20、30、50、60日龄的体重均高于其他各组。

表4 妊娠后期母羊饲粮精料比例对早期断奶羔羊体重的影响

Table 4 Effects of dietary concentrate proportion of ewes in late gestation on body weight of early weaning lambs kg

项目 Items	日龄 Days of age	50%组 50% group	40%组 40% group	30%组 30% group	SEM	*P*值 *P*-value
体重 Body weight	1	3.23	3.11	3.05	0.092	0.715
	10	5.29	4.92	4.71	0.134	0.230
	20	5.62	5.24	5.10	0.121	0.174
	30	6.43	5.92	5.92	0.161	0.311
	40	7.06	7.08	7.12	0.243	0.994
	50	8.72	8.58	8.47	0.370	0.967
	60	10.50	10.29	10.16	0.491	0.961

同行数据肩标无字母或相同字母表示差异不显著（$P>0.05$），不同小写字母表示差异显著（$P<0.05$），不同大写字母表示差异极显著（$P<0.01$）。下表同。

In the same row, values with no letter or the same letter superscripts mean no significant difference ($P>0.05$),

while with different small letter superscripts mean significant difference (P<0.05) , and with different capital letter superscripts mean extremely significant difference (P<0.01). The same as below.

2.2 羔羊体尺指标

由表5可知，妊娠后期母羊的饲粮精料比例对早期断奶羔羊在20和60日龄时的体高、胸深、胸围、腹围、头宽、头长、直冠臀长、曲冠臀长和体斜长均无显著影响（P>0.05）。

表5 妊娠后期母羊饲粮精料比例对产后羔羊体尺指标的影响

Table 5 Effects of maternal dietary concentrate feeding proportion in late gestation on body measurements of the offspring lambs cm

日龄 Days of age	项目 Items	50%组 50% group	40%组 40% group	30%组 30% group	SEM	P值 P-value
20	体高 Body height	41.30	40.96	40.86	0.45	0.917
	胸深 Chest depth	18.17	17.02	17.83	0.33	0.324
	胸围 Chest circumference	41.27	41.07	40.95	0.44	0.957
	腹围 Abdominal circumference	39.93	39.56	39.97	0.42	0.912
	头宽 Head breadth	9.22	8.59	8.96	0.06	0.063
	头长 Head length	14.47	14.56	14.70	0.15	0.834
	直冠臀长 Straight crown-rump length	56.54	55.67	54.94	0.48	0.411
	曲冠臀长 Curved crown-rump length	63.03	61.38	63.00	0.55	0.383
	体斜长 Body length	38.07	37.86	36.93	0.45	0.573
60	体高 Body height	47.73	48.16	48.44	0.66	0.908
	胸深 Chest depth	23.56	24.09	25.70	0.85	0.561
	胸围 Chest circumference	50.86	51.33	52.79	0.86	0.633
	腹围 Abdominal circumference	54.74	54.63	56.67	1.03	0.667
	头宽 Head breadth	10.23	10.24	10.35	0.10	0.872
	头长 Head length	16.86	17.44	16.90	0.20	0.474
	直冠臀长 Straight crown-rump length	69.36	7.60	68.09	1.14	0.684
	曲冠臀长 Curved crown–rump length	79.73	80.36	81.77	1.24	0.791
	体斜长 Body length	49.07	49.18	50.52	0.86	0.746

2.2 营养物质表观消化率

由表6可知，妊娠后期母羊饲粮的精料比例对产后早期断奶羔羊的干物质、有机物、总能、粗蛋白质、粗脂肪、中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维、钙、磷、粗灰分的表观消化率均无显著影响（P>0.05）。

表6 妊娠后期母羊饲粮精料比例对早期断奶羔羊营养物质表观消化率的影响

Table 6 Effects of maternal concentrate feeding proportion in late gestation on early weaning lambs nutrient digestibility %

项目 Items	50%组 50% group	40%组 40% group	30%组 30% group	SEM	P值 P-value
干物质 DM	78.06	79.16	78.13	1.12	0.919
有机物 OM	83.17	84.44	84.29	0.85	0.830
总能 GE	69.68	65.83	67.56	1.69	0.691
粗蛋白质 CP	78.04	81.15	78.04	1.30	0.629
粗脂肪 EE	80.23	82.46	83.05	1.07	0.575
中性洗涤纤维 NDF	68.11	75.08	75.48	1.87	0.206
酸性洗涤纤维 ADF	64.86	68.63	69.69	2.04	0.642
钙 Ca	49.10	49.32	44.48	2.94	0.443
磷 P	69.76	70.91	65.56	2.50	0.698
粗灰分 Ash	64.24	67.20	63.41	1.51	0.604

2.4 血清抗氧化指标

由表7可知，随妊娠母羊饲粮营养水平的降低（精料饲喂量降低），20日龄的羔羊血清中的T-AOC、SOD的活性极显著增加（$P<0.01$），60日龄50%组显著或极显著低于40%组和30%组（$P<0.05$或$P<0.01$）。30%组羔羊20和60日龄血清GSH-Px活性极显著高于50%组和40%组（$P<0.01$）。20日龄时SOD的活性也极显著增加（$P<0.01$），在60日龄时50%组的的SOD活性显著低于40%组和30%组（$P<0.05$）。血清中MDA的含量在20日龄时随饲粮精料比例的降低而极显著降低（$P<0.01$），60日龄时50%组显著高于30%组（$P<0.05$），而40%组与50%组和30%组间差异不显著（$P>0.05$）。

表7 妊娠后期母羊饲粮精料比例对早期断奶羔羊血清抗氧化指标的影响

Table 7 Effects of maternal concentrate feeding proportion in late gestation on early weaning lambs' serum antioxidant index

项目 Items	日龄 Days of age	50%组 50% group	40%组 40% group	30%组 30% group	SEM	P值 P-value
总抗氧化能力 T-AOC/（U/mL）	20	8.04^{A}	9.27^{B}	10.70^{C}	0.27	<0.001
	60	9.28^{Aa}	10.37^{Bb}	10.77^{Bb}	0.20	0.003
超氧化物歧化酶 SOD/（U/mL）	20	85.45^{A}	90.48^{B}	96.48^{C}	1.26	<0.001
	60	92.98^{a}	98.37^{b}	98.21^{b}	0.85	0.011
谷胱甘肽过氧化酶 GSH-Px/（μmol/L）	20	836.57^{Aa}	837.97^{Aa}	982.78^{Bb}	21.03	0.001
	60	849.78^{Aa}	918.00^{Aa}	$1\,027.91^{Bb}$	19.99	<0.001
丙二醛 MDA/（nmol/mL）	20	5.30^{A}	4.19^{B}	3.47^{C}	0.20	<0.001
	60	4.14^{a}	3.76^{ab}	3.49^{b}	0.11	0.043

3 讨 论

3.1 生长性能

在母羊的饲养过程中，特别是在妊娠后期饲养的最大目的是提高所产羔羊的生产性能[4]。根据本试验关于产后羔羊体重的结果可以看出，妊娠后期母羊饲粮的精料比例对产后早期断奶羔羊的生长无显著影响。精料的营养价值优于粗饲料或饲草，在相同的干物质采食量条件下进行饲喂时，随饲粮精料比例的降低，母羊摄入的代谢能、代谢蛋白质及其他可利用的营养物质含量随之减低。妊娠后期，胚胎处于快速生长发育阶段，同时乳腺的发育及初乳的形成导致母羊需要更多的营养需要[17-18]，当母羊饲粮的营养水平发生改变时，母羊可通过体贮的调节及提高饲料营养的利用效率维持胚胎的发育，因此，本试验中尽管30%组羔羊的初生重（1日龄体重）低于50%组，但差异不显著，原因可能是母羊的自身的代谢调节降低了饲料低营养对胚胎体重增长的负面影响。Campion等[4]研究发现，在妊娠后期母羊分别采用100%代谢能[AFRC（1993）]和100%、110%、120%净能[INRA(1989）]4种能量水平饲喂妊娠后期母羊时，羔羊的初生重差异不显著，但在分娩时母羊的120%净能组的母羊体重显著高于100%代谢能组，说明母羊通过利用体贮维持了胚胎的发育。Chadio等[19]的研究结果也显示，妊娠后期母羊的营养水平对羔羊的初生重无显著影响，母体通过自身的调节维持胚胎的正常发育。但高峰等[6]对妊娠后期母羊进行饲喂量限饲时，羔羊的初生重随母羊饲喂量降低而极显著降低。从以上研究可以看出，当母羊采食饲粮的营养水平在母羊自身可调节的情况下，母羊可通过自身的调节维持胚胎的发育，初生重受影响不显著。Campion等[4]的研究也表明，妊娠后期母羊的初乳和羔羊采食初乳的能力无显著的影响，因此本试验在早期断奶条件下，羔羊处于相同的饲养条件下，羔羊采食相同的饲粮营养，降低因母羊泌乳性能间的差异对羔羊生长的影响，因此在羔羊断奶后各组间羔羊体重差异不显著。综上所述，妊娠后期母羊的饲粮精料比例对早期断奶羔羊的生长无显著影响。

本试验各组羔羊体重差异不显著，但母羊的饲养成本不同。本试验母羊妊娠前期、泌乳期及羔羊的饲喂条件相同，因此差别在母羊妊娠后期饲粮成本间的差异。按照羊场制作精料价格2 600元/t、全株青贮玉米400元/t、花生秧800元/t的费用，每组母羊每只每天的成本依次为：2.97（50%组）、2.80（40%组）、2.63元（30%组）。50%组比40%组每只每天多0.17元，40%组比30%组每只每天也多0.17元，但50%组每只每天比30%组多0.34元。因此降低饲粮精料比例，不影响早期断奶羔羊生长，并可节约一定的成本，但其可能影响母羊的健康。

3.2　体尺指标

体尺指标也可反映动物的生长发育状况，是评价动物体况发育的重要指标[20]。通过体尺数据的测定，可评估羊的生长速度、各部位之间发育情况，以及评测活羊体质量等[21]。因此本试验通过对羔羊各项体尺指标的测定，对了解妊娠期母羊的试验处理对早期断奶羔羊的生长发育具有重要意义。在整个试验过程中，羔羊在20和60日龄时的体尺指标均没有显著差异，说明在羔羊早期断奶情况下，母羊的饲粮精料比例不影响羔羊的体格正常发育。母羊的营养影响羔羊的发育，当妊娠后期母羊营养供给量降低时，母羊动员内源营养也会增多[22]。哈德肯·库巴干等[23]的研究却显示，补饲精料的母羊，其羔羊在30日龄时体高、体斜长、胸围显著高于不补饲组。本试验各组羔羊体尺差异不显著，原因可能是在早期断奶条件下，各组羔羊的生长受母乳的影响较小。羔羊的体尺与体重存在显著正相关，结合本试验羔羊的体重各组间差异不显著的结果，可以表明在早期断奶的情况下，妊娠期母羊的饲粮精料比例不影响羔羊的体尺指标。

3.3 营养物质表观消化率

动物对营养物质的表观消化率可影响到饲料的利用效率，同时可间接反映动物的生长性能。动物对饲料营养物质的消化率除受饲料因素影响外，还受外界环境和动物的肠道发育状况等因素的影响。本试验消化试验处于羔羊51~60日龄阶段，通过早期断奶方法，羔羊处于相同的饲养条件下，其对饲料营养物质的消化率更多受其胚胎期的发育的影响。曹猛[24]的研究表明，母猪在妊娠期供给0.75倍NRC（1998）维持需要的营养水平时，会仔猪导致出生时肠道发育受损，但在哺乳期结束时肠道发育恢复正常。此研究说明，虽然在妊娠期母体营养会影响胚胎肠道的发育，但经哺乳期的恢复，肠道可恢复健康。肠道的功能和发育在动物对营养物质消化和吸收具有重要的作用，是影响动物对饲料消化吸收能力的重要组织器官[25]。因此在早期断奶情况下，妊娠后期母羊饲粮精料比例不影响羔羊对营养物质的表观消化率。

3.4 血清抗氧化指标

血清中T-AOC、SOD和GSH-Px活性及MDA含量是反映动物机体的抗氧化能力的重要指标。血清中T-AOC的含量可反映动物抗氧化自由基的代谢状态；SOD是生物体内氧自由基天然清除剂；GSH-Px具有保护细胞膜作用，可清除细胞内的过氧化氢和脂质自由基；MDA含量增多会破坏细胞膜的结构和完整性，是脂质过氧化物的代谢终产物。动物机体通过抗氧化

酶清除体内含氧自由基，当动物的含氧自由基生成过量，抗氧化酶含量降低，会导致细胞或组织受损[26]。本试验中，随母羊饲粮中精料比例的降低，羔羊血清的抗氧化能力提高，说明母羊饲粮中适宜降低精料比例有利于产后早期断奶羔羊提高血清抗氧化能力。张艳云等[27]的研究结果表明，肉用种母鸡产蛋期的能量限制可使子代出现补偿生长作用，血清和胸肌的抗氧化能力显著提高；He等[28]的研究结果表明虽然妊娠后期母羊的能量与蛋白质限制降低了羔羊出生时血清抗氧化能力，但在羔羊6和22周龄时血清抗氧化能力显著提高，能量或蛋白质限制组的羔羊血浆中SOD含量高于对照组。GSH-Px、SOD、CAT为机体内的重要抗氧化酶，其活性直接反映机体抗氧化能力；MDA是机体的过氧化产物，含量间接反映机体受自由基攻击程度[29]。本试验中，随饲粮精料比例降低，妊娠母羊营养水平降低，产后早期断奶羔羊血清抗氧化能力提高，原因可能是虽然低补饲水平组的母羊的营养水平较低，但经母羊自身调节，维持了胚胎发育，在产后，羔羊在相同的饲喂水平下，低营养组的羔羊出现补偿生长效果，导致动物增加产生氧化应激，提高抗氧化能力；Tarry-Adkins等[30]在研究母体蛋白质限制对后代骨骼肌抗氧化能力时有类似结果；张帆等[31]的研究也显示，妊娠后期母羊降低饲粮精料比例可提高产后哺乳羔羊血清的抗氧化能力。本试验中，降低母羊饲粮精料比例，其羔羊表现更好抗氧化性能。

4 结 论

妊娠后期母羊饲粮的精料比例对产后早期断奶羔羊的体重、体尺、营养物质表观消化率无显著影响，但随母羊饲粮精料比例的降低，羔羊血清的抗氧化能力提高。

参考文献:

[1] 王海超,张乃锋,柴建民,等.人工哺育代乳粉对湖羊双胎羔羊生长发育、营养物质消化和血清学指标的影响[J].动物营养学报,2015,27(2):436–447.

[2] 江喜春,夏伦志,张乃锋,等.代乳粉能量水平对早期断奶湖羊羔羊生长性能和物质代谢的影响[J].中国畜牧杂志,2015,51(7):50–53.

[3] TAYLOR A R,MOHRHAUSER D A,PRITCHARD R H,et al.The influence of maternal energy status during mid-gestation on growth,cattle performance,and the immune response in the resultant beef progeny[J].The Professional Animal Scientist,2016,32(4):389–399.

[4] CAMPION F P,MCGOVERN F M,LOTT S,et al.Comparison of energy rationing systems

for late gestation ewes:impacts on ewe and lamb performance[J].Journal of Animal Science,2016,94(8):3441–3456.

[5] HE Z X,WU D Q,SUN Z H,et al.Protein or energy restriction during late gestation alters fetal growth and visceral organ mass:an evidence of intrauterine programming in goats[J].Animal Reproduction Science,2013,137(3/4):177–182.

[6] 高峰,刘迎春.妊娠后期胎儿宫内生长受限对出生后羔羊内脏器官的影响[J].中国农业科学,2012,45(15):3130–3136.

[7] 苏国旗,王军,曹猛,等.母猪妊娠期营养水平对后代仔猪肌肉生长和发育的影响[J].动物营养学报,2016,28(4):1050–1059.

[8] HORN M,STEINWIDDER A,PFISTER R,et al.Do different cow types respond differently to a reduction of concentrate supplementation in an Alpine low-input dairy system?[J] Livestock Science,2014,170:72–83.

[9] MUHAMMAD A U R,XIA C Q,CAO B H.Dietary forage concentration and particle size affect sorting,feeding behaviour,intake and growth of Chinese holstein male calves[J].Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition,2016,100(2):217–223.

[10] 马志远,李飞,李发弟,等.早期断奶对湖羊羔羊生长性能及胃肠道发育的影响[J].动物营养学报,2015,27(5):1385–1393.

[11] 楼灿,姜成钢,马涛,等.饲养水平对肉用绵羊妊娠期消化代谢的影响[J].动物营养学报,2014,26(1):134–143.

[12] 刘洁.肉用绵羊饲料代谢能与代谢蛋白质预测模型的研究[D].博士学位论文.北京:中国农业科学院,2012.

[13] 柴建民,刁其玉,屠焰,等.早期断奶时间对湖羊羔羊组织器官发育、屠宰性能和肉品质的影响[J].动物营养学报,2014,26(7):1838–1847.

[14] 岳喜新,刁其玉,马春晖,等.早期断奶羔羊代乳粉饲喂水平对营养物质消化代谢及血清生化指标的影响[J].中国农业科学,2011,44(21):4464–4473.

[15] 张崇志.妊娠后期宫内生长限制对蒙古绵羊胎儿肝脏细胞凋亡及信号转导途径的影响[D].博士学位论文.呼和浩特:内蒙古农业大学,2013.

[16] 张丽英.饲料分析及饲料质量检测技术[M].2版.中国农业大学出版社,2003:45–100.

[17] SWANSON T J,HAMMER C J,LUTHER J S,et al.Effects of gestational plane of nutrition and selenium supplementation on mammary development and colostrum quality in pregnant ewe lambs[J].Journal of Animal Science,2008,86(9):2415–2423.

[18] CASTRO N,CAPOTE J,BRUCKMAIER R M,et al.Management effects on colostrogenesis in small ruminants:a review[J].Journal of Applied Animal Research,2011,39(2):85–93.

[19] CHADIO S,KATSAFADOU A,KOTSAMPASI B,et al.Effects of maternal undernutrition during late gestation and/or lactation on colostrum synthesis and immunological parameters in the offspring[J].Reproduction,Fertility and Development,2016,28(3):384–393.

[20] 马志远,李飞,李发弟,等.早期断奶对湖羊体尺、屠宰性能以及内脏发育的影响[J].家畜生态学报,2015,36(5):25–29.

[21] 张丽娜,武佩,宣传忠,等.羊只体尺参数测量及其形态评价研究进展[J].农业工程学报,2016,32(S1):190–197.

[22] 吴庶青,侯先志,敖长金,等.苏尼特羊妊娠后期限制饲养对其羔羊初生重的影响[J].动物营养学报,2003,15(4):59–62.

[23] 哈德肯·库巴干,邵伟,王立文,等.冷季补饲对阿勒泰妊娠母羊及羔羊生长性能的影响[J].黑龙江畜牧兽医,2015(23):106–108.

[24] 曹猛.母猪妊娠期营养对后代肠道发育及功能的影响[D].硕士学位论文.雅安:四川农业大学,2014.

[25] MEYER A M,CATON J S.Role of the small intestine in developmental programming:impact of maternal nutrition on the dam and offspring[J].Advances in Nutrition,2016,7(1):169–178.

[26] 陈军.梅山母猪日粮蛋白水平对仔猪生长发育、血清抗氧化酶活性的影响[D].博士学位论文.南京:南京农业大学,2011.

[27] 张艳云,李金锋,姜丹,等.肉种鸡产蛋后期能量限饲对子代生长性能、血清生化指标和抗氧化能力的影响[J].动物营养学报,2013,25(11):2550–2558.

[28] HE Z X,SUN Z H,TAN Z L,et al.Effects of maternal protein or energy restriction during

late gestation on antioxidant status of plasma and immune tissues in postnatal goats[J].Journal of Animal Science,2012,90(12):4319–4326.
[29] 龙次民,谢春艳,吴信,等.妊娠后期母猪饲粮中添加壳寡糖对新生仔猪抗氧化能力的影响[J].动物营养学报,2015,27(4):1207–1213.
[30] TARRY-ADKINS J L,FERNANDEZ-TWINN D S,CHEN J H,et al.Poor maternal nutrition and accelerated postnatal growth induces an accelerated aging phenotype and oxidative stress in skeletal muscle of male rats[J].Disease Models & Mechanisms,2016,9(10):1221–1229.
[31] 张帆,崔凯,王杰,等.妊娠后期母羊饲粮营养水平对产后羔羊生长性能,器官发育和血清抗氧化指标的影响[J].动物营养学报,2017,29(2):636–644.

Effects of Dietary Concentrate Proportion of Ewes during Late Gestation on Growth Performance, Digestion Performance and Serum Antioxidant Capacity of Lambs

ZHANG Fan CUI Kai BI Yanliang DIAO Qiyu*
(*Key Laboratory of Feed Biotechnology of the Ministry of Agriculture, Feed Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing* 100081, *China*)

Abstract: This experiment aimed to study the effects of dietary concentrate proportion of ewes during late gestation on growth performance, digestion performance and serum antioxidant capacity of lambs. Sixty-six primiparous *Hu* ewes at 90 d of pregnancy with average body weight of (44.45±2.20) kg were randomly divided into 3 groups, each group had 11 replicates with 2 ewes per replicate. The concentrate proportion in diets for ewes in gestation in different groups was 50% (50% group), 40% (40% group) and 30% (30% group), respectively. After parturition, ewes were fed the same total mixed ration (TMR). At 10 days of age, one lamb of each ewe was selected, weaned maternal milk and fed a milk replacer. At 15 days of age, lambs were fed a starter. At 20 days of age, lambs were fed alfalfa hay until 60 days of age. Body weight of lambs was measured every 10 days. At 51 to 60 days of age, digestion and metabolism test was carried out.

*Corresponding author, professor, E-mail: diaoqiyu@caas.cn （责任编辑 王智航）

At 20 and 60 days of age, blood was collected and serum antioxidant indexes were determined. The results showed as follows: dietary concentrate proportion of ewes during late gestation had no significant effects on body weight of lambs at 1, 10, 20, 30, 40, 50 and 60 days of age, and body measurements and nutrient apparent digestibility at 20 and 60 days of age ($P>0.05$). With the decrease of maternal dietary concentrate proportion, serum total antioxidant capacity （T-AOC） and superoxide dismutase（SOD）activity of lambs at 20 days of age were significantly increased ($P<0.01$), and 50% group was significantly lower than the other two groups at 60 days of age （$P<0.05$ or $P<0.01$）; serum glutathione peroxidase（GSH-Px）activity at 20 and 60 days of age in 30% group was also significantly higher than the other two groups ($P<0.01$)； serum MDA content at 20 days of age was significantly decreased with the decrease of maternal dietary concentrate proportion ($P<0.01$)， and 50% group was significantly higher than 30% group （$P<0.05$）. It is concluded that concentrate proportion in diet for ewes at during late gestation has no significant effects on body weight, body measurements and nutrient apparent digestibility of early weaning lambs, while with the decrease of maternal dietary concentrate proportion, serum antioxidant capacity of lambs is increased.

Key words: pregnancy ewe; concentrate; early weaning; lamb; *Hu* Sheep